Längengrad
Dava Sobel

Was drin ist für dich: Längen- und Breitengrade ein für alle Mal unterscheiden lernen.

Der Unterschied zwischen Längen- und Breitengraden ist allen bekannt, die sich mit der Vermessung und Darstellung der Welt beschäftigen. Alle anderen verwechseln beide nur so lange, bis sie sich mit ihrer spannenden Geschichte befassen. Denn während der Breitengrad von der Natur vorgegeben wird, steht der Längengrad sinnbildlich für die Dynamiken des menschlichen Geltungsdrangs. Die Blinks entführen dich in das England des 18. Jahrhunderts, als der Streit um die wissenschaftliche Deutungshoheit kulminierte und ein Querdenker die etablierten Akademiker zum Kampf um die Bestimmung des Längengrads herausforderte.

In diesen Blinks erfährst du außerdem,

warum es sinnvoll ist, Holz beim Bau von Uhren zu verwenden,
wie ein Schiffsunglück einen wissenschaftlichen Wettstreit entfachte, und
warum die Greenwich Mean Time heute die wichtigste Referenz für die Zeitzonen ist.

Beide sind uralte Instrumente der Schifffahrt, aber die Bestimmung der Längengrade war schwieriger als die der naturgegebenen Breitengrade.

Was gehört obligatorisch zu den Grenzen der Länder und Kontinente auf einem Globus? Richtig, das Gitternetz der Längen- und Breitengrade. Während die Breitengrade parallel „untereinander“ verlaufen und zu den Polen hin kürzer werden, sind die Längengrade allesamt gleich lang und treffen jeweils an den Polen zusammen.

Obwohl beide schon seit einer Ewigkeit der Navigation dienen, konnten die Breitengrade schon wesentlich früher bestimmt werden.

Der griechische Mathematiker Ptolemäus legte den Äquator im 2. Jahrhundert n. Chr. als Null-Breitengrad fest. Weil Sonne, Mond und andere Planeten nahezu senkrecht über dem Äquator stehen, eignete dieser sich quasi von Natur aus für die Bestimmung aller anderen Breitengrade. Auch Kolumbus segelte 1492 im Uhrzeigersinn schnurstracks einen Breitengrad entlang.

Da es für den Längengrad keinen natürlichen Anhaltspunkt gab, war seine Bestimmung eine größere Herausforderung. Was genau ist denn aber so ein Längengrad?

Mit dem Längengrad berechnet man den Abstand eines Ortes auf der Erde vom Nullmeridian. Diese Berechnung wird jedoch durch die Drehung der Erde und die folgliche Verschiebung der Entfernung anderer Himmelskörper zur Erde, etwa bei Sonne und Mond, erschwert.

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

Da man weiß, dass sich die Erde innerhalb 24 Stunden um 360 Grad dreht, kann man einen Zeitunterschied von exakt vier Minuten je Grad Längenunterschied messen. Um nun also auf hoher See den eigenen Standort auf einem Längengrad zu bestimmen, muss man den zeitlichen und örtlichen Abstand zwischen seinem Standort und dem Heimathafen messen. So steht etwa eine Stunde Zeitunterschied für 15 Grad, das ist 1/24 der 360 Grad des Erdballs. Am Äquator entsprechen 15 Grad etwa 1000 Meilen, zu den Polen hin werden die Abstände entsprechend kürzer.

Eine Gangabweichung der Uhr verursacht dabei jedoch einen Fehler genau gleichen Betrages - es ist nicht festzustellen, welchen Anteil am Zeitunterschied auf die erreichte geographische Position und welcher auf die bis dahin erreichte Abweichung der Uhr zurückzuführen ist. Auf hoher See ist die Zeitmessung allerdings mühselig, da eine Gangabweichung der Uhr Fehler in der Berechnung verursachen kann – etwa durch ein aus dem Takt geratenes Uhrpendel.

Die Seefahrer behalfen sich daher mit dem Gissen: Man markierte einen Ausgangspunkt im Wasser und schätzte (vgl. to guess) die zurückgelegte Entfernung mit Fahrzeit und Kompasskurs. Die aktuelle Position und die Uhrzeit im Heimathafen wurden ungenau bestimmt und die meisten Seemänner wie Vasco da Gama oder Magellan waren vergleichsweise orientierungslos unterwegs.

Das führte zu ernsthaften Problemen: Die Schiffe drängten sich so lange wie möglich auf befahrbaren Breitengraden und bogen erst spät nach Süden oder Norden ab, anstatt den direkten Weg zu nehmen. Die langen Reisen machten sie anfällig für Krankheiten, Überfälle und Schiffbrüche.

So wurde im Zeitalter der Entdeckungen in ganz Europa immer fieberhafter nach einer Lösung für die Bestimmung der Längengrade gesucht.

Es gab diverse Vorschläge zur Bestimmung der Längengrade, aber keiner funktionierte.

Die Frage war vor allem, wie der Längengrad ohne präzise Uhren bestimmt werden sollte. Den Forschern mangelte es jedenfalls nicht an Ideenreichtum.

Die größte Hoffnung lag auf der Beobachtung der Himmelskörper.

Die Wissenschaftler wollten analog zur Tageswanderung der Sonne den nächtlichen Verlauf des Mondes in Relation zu den Fixsternen beobachten, um Zeit und Richtung zu bestimmen. Wie aber maß man Entfernungen auf einem schaukelnden Schiff, wenn die Sternenkarten obendrein lückenhaft waren?

Galileo wollte den Längengrad mithilfe der von ihm entdeckten Jupitermonde bestimmen. Da diese aber nur nachts und bei gutem Wetter zu sehen waren, setzte sich seine Technik nur an Land durch. Dort erkannten Herrscher erstmals die tatsächliche Größe ihrer Ländereien, und Ludwig IX soll beklagt haben, mehr Land an Astronomen als an seine Feinde verloren

zu haben. In der Hoffnung, die Technik durch mehr Daten zur Mondbahn auch für die See nutzbar zu machen, wurde Ende des 17. Jahrhunderts im englischen Greenwich eine königliche Sternwarte errichtet.

Es gab aber auch abstruse und unausgereifte Methoden.

Ende des 17. Jahrhunderts sollte das „Pulver der Sympathie“, das Wunden angeblich auf Entfernung heilte, die Lösung bringen. Wenn man also einen verletzten Hund mit an Bord nahm, nachdem man ihm seine Verbände abgenommen hatte, und diese an Land immer um 12 Uhr mit dem Pulver bestreute, sollte ihn die schmerzhafte Heilwirkung zeitgleich auf See aufheulen lassen. Der Kapitän wüsste dann die Ortszeit des Heimathafens und sollte die Differenz zur Ortszeit und den Längengrad berechnen können. Die Methode scheiterte letztlich an der Wirkung des Pulvers.

Andere setzten auf den Erdmagnetismus: Mit dem Winkelmaß wollte man die Abweichung zwischen dem geographischen Norden des Polarsterns und dem magnetischen Norden des Nordpols bestimmen. Weil beide aber mancherorts fast deckungsgleich waren, nur wenige Kompassnadeln präzise gen Norden zeigten und das Magnetfeld nicht konstant ist, hatte auch diese Methode langfristig keinen Erfolg.

Es half alles nichts, die Suche nach einer Lösung ging weiter.

Als die englische Krone 1714 einen Preis für die Lösung des Längengradproblems aussetzte, begann die Jagd um das Preisgeld.

Besonders seit dem Schiffsunglück bei den Scilly-Inseln forderten Seefahrer und Kaufleute in ganz England eine Lösung des Problems. Ein Preisgeld sollte so viele Menschen wie möglich zur Forschungsarbeit motivieren.

1714 erließ Königin Anne den vom Parlament verabschiedeten „Longitude Act“ und setzte ein sattes Preisgeld aus.

Die zuvor vom Parlament befragten Experten um den großen Isaac Newton waren Lösungen mit Uhren gegenüber skeptisch und befürworteten astronomische Methoden. Zur Vergabe des Preises wurde eine Kommission eingesetzt, welche die Gewinnermethoden in drei Stufen belohnen durfte: 20.000 Pfund für Lösungen mit maximal 0,5 Grad Abweichung, 15.000 für ⅔ Grad Abweichung und 10.000 für maximal einen Grad, wobei ein Grad Abweichung am Äquator 60 Seemeilen bedeutete. Die Höhe der Preisgelder – heute umgerechnet mehrere Millionen Euro – zeigte, wie verzweifelt man damals war.

Die ersten Vorschläge waren jedoch wenig erfolgversprechend.

Tatsächlich wurden Uhren im frühen 18. Jahrhundert den Anforderungen noch nicht gerecht. Seit Mitte des 17. Jahrhunderts gab es Pendeluhren, die 1664 erstmals auf See erprobt wurden und anfangs gut funktionierten. Bei der ersten stürmischen Testfahrt war es

allerdings mit der Präzision vorbei und Uhren mit Spiralfedern erwiesen sich als Alternative ebenso ungeeignet.

Der Ausdruck „den Längengrad finden“ wurde daher bald zum Synonym für ein schier aussichtsloses Unterfangen und in Gullivers Reisen wurde das Längengradproblem gar mit dem Perpetuum mobile verglichen. Zwar gab es immer wieder Fortschritte, wie Uhren in Vakuumkammern, die beim Aufziehen nicht mehr stehen blieben und vor Feuchtigkeit geschützt waren. Allerdings waren diese dann z.B. anfällig für Temperaturschwankungen.

Obwohl längst nicht nur Newton bezweifelte, dass Uhren die Lösung sein könnten, gab es zunächst keine anderen brauchbaren Lösungsansätze.

Die aussichtsreichste Lösung kam von einem englischen Autodidakten: John Harrison.

Obwohl sich zahlreiche Lösungen um das Preisgeld bewarben, setzte sich die Kommission selbst lange Zeit kein einziges Mal zusammen. Für die schnelle Ablehnung reichte meist ein Mitglied. Das änderte sich mit John Harrison.

Harrison stammte aus einfachen Verhältnissen und brachte sich alles selbst bei.

Von den frühen Jahren nach seiner Geburt 1693 ist wenig bekannt, außer dass er 30 Jahre lang als Tischler arbeitete. Genauso unklar ist, warum er 1713 seine erste Pendeluhr baute und warum sie so qualitativ hochwertig war: Er tischlerte sie fast vollständig aus Holz – und blieb dem Uhrenbau fortan treu. Die Turmuhr, die man ihn 1720 in Brocklesby Park bauen ließ, läuft bis heute fast komplett ohne Öl, da die wichtigsten Teile aus tropischem Hartholz bestehen.

Diesem ersten Schritt hin zu einer ölfreien Schiffsuhr folgten weitere. Beim Bau seines „Rostpendels“ setzte Harrison verschiedene Metalle zusammen, die unterschiedlich auf Temperaturen reagierten und so Ausdehnung und Kontraktion ausglichen. Mit der „Grasshopper-Hemmung“ entwickelte er außerdem eine reibungsfreie Hemmung zur Regulierung des Pendellaufs der Uhr.

Mit diesen Erfindungen konnte er sich dem Längengradproblem zuwenden.

1727 begann er mit der Konstruktion einer Schiffsuhr und ersetzte die Pendel durch gefederte Schwingarme. Als er 1730 beim königlichen Astronom und Kommissionsmitglied Edmond Halley vorsprach, war dieser sehr beeindruckt. Er warnte ihn aber vor der Skepsis der Kommission gegenüber mechanischen Lösungen und verwies ihn zunächst an den erfahrenen Uhrmacher George Graham.

Graham gab ihm ein zinsloses Darlehen und Harrison konnte fünf Jahre lang an seinem ersten Schiffsuhrenmodell H-1 bauen. Als er es 1735 der Royal Society präsentierte, war auch diese begeistert. Weil die Technik den Kapitän bei der Probefahrt nach Lissabon vor einem Navigationsfehler bewahrte, veranlasste dessen Lob die Kommission 1737 zur ersten

richtigen Zusammenkunft. Harrison wies auf Schwächen hin, statt auf die direkte Erprobung zu bestehen und erhielt ein Darlehen für die Weiterentwicklung. Die H-2 war 1741 fertig, aber obwohl die Royal Society sie testen wollte, war Harrison noch immer nicht zufrieden und arbeitete fast 20 Jahre an der verbesserten H-3.

Weil währenddessen die H-1 im Rampenlicht stand und das Interesse an der Längengradthematik stieg, wurde auch die Konkurrenz größer.

Die Methode der Monddistanzen wurde zu einer durchaus erfolgreichen Konkurrenz.

Die meisten Forscher suchten die Lösung des Problems weiter am Himmel.

Im 18. Jahrhundert waren die Sternenkarten detailliert genug, um die Uhrzeit am Himmel abzulesen.

Das Procedere war hochkompliziert und zunächst nur bei gutem Wetter möglich. Nachdem die Messungen sicherheitshalber bis zu siebenmal wiederholt wurden, dauerte es Stunden, die Position mit komplizierten Logarithmentafeln ungefähr zu bestimmen. Mit der Vorstellung eines speziellen Quadranten 1731 reifte die Methode dann genau zu der Zeit, in der Harrison seine Schiffsuhren präsentierte. Mit dem neuen Gerät ließen sich die Abstände der Himmelskörper auch an bedeckten Tagen messen. Und während Harrisons Uhr mit ihrer Einfachheit geradezu provozierte, führte die Komplexität der Methode sogar zu noch mehr Ansehen.

Einer der bekanntesten Verfechter der Monddistanzen war Reverend Nevil Maskelyne, der sich 1761 bei seiner Reise nach St. Helena erfolgreich von den Monddistanzen navigieren ließ. Er war allerdings auch geübter als jeder andere Kapitän in der Anwendung der komplizierten Methode.

Aber auch Harrison kam voran.

Nach 19 Jahren Arbeit konnte er seine H-3 vollenden. Er lehnte Ruhm und Anerkennung sowie die Aufnahme in die Royal Society weiterhin ab, obwohl die H-3 große Neuerungen wie den „Bimetallstreifen" brachte: einen Temperaturregler aus Messingblech und Stahl, der bis heute in Thermostaten verwendet wird. Auch sein Mechanismus zur Reibungsverminderung wird heutzutage noch als Kugellager genutzt.

1759 wurde die Erprobung der H-3 durch die Wirren des Siebenjährigen Krieges verhindert und statt zu warten, machte sich Harrison an den Bau einer weiteren Uhr. Die H-4 war bereits 1760 fertig und wesentlich kleiner als ihre Vorgängerinnen. Und obwohl sie durch die Verkleinerungen Öl und Pflege benötigte, hatte Harrison die Lösung im Grunde gefunden.

Die Kommission war allerdings anderer Meinung.

Statt Anerkennung für Harrisons Leistung gab es Interessenkonflikte und Intrigen.

Mit der H-4 hatte Harrison de facto die Lösung geliefert. Aber das akademische Establishment bevorzugte die Astronomie, und einer der schärfsten Widersacher saß in der Prüfungskommission.

So gab sich auch die Kommission nicht zufrieden, obwohl sich die H-4 bewährte.

Denn es gab waschechte Interessenkonflikte: 1760 kam es bei den geplanten Tests von H-3 und H-4 wiederholt zu Verzögerungen. Dahinter steckte ein Jurymitglied, das mit der eigenen Arbeit zu den Monddistanzen selbst Ambitionen auf das Preisgeld hegte. Am Ende wurde nur die H-4 getestet – dafür aber mit Erfolg. Die Uhr wich nach 81 Tagen auf See nur fünf Sekunden ab und der Kapitän konnte den Kurs zuverlässig berechnen.

Obwohl der Preis also direkt an Harrison hätte gehen müssen, wurden weitere Kontrollen verlangt. Reverend Maskelyne veröffentlichte nach seiner Rückkehr von St. Helena neue Mondtabellen und wurde 1764 beauftragt, beide Methoden bei einer Fahrt nach Barbados zu erproben. Obwohl Harrisons Sohn William gegen den offensichtlichen Interessenkonflikt protestierte, wertete Maskelyne die Fahrt als Beweis für die Effizienz der Mondtabellen.

Die Kommission musste nach der Testfahrt auch die Funktionsfähigkeit der Uhr anerkennen – den Preis vergab sie dennoch nicht.

Stattdessen bot man Harrison die Hälfte des Preisgeldes an und verlangte im Gegenzug zwei nachbaubare Kopien der H-4. Die Situation verschärfte sich weiter, als Maskelyne 1765 Königlicher Astronom wurde und sich für die Förderung der Monddistanzen einsetzte. Im gleichen Jahr wurde der Longitude Act um Klauseln erweitert, die quasi direkt an Harrison adressiert waren.

Harrison gab schließlich nach. Er bekam nur 10.000 Pfund, gab all seine Uhren samt Konstruktionszeichnungen ab und erklärte einer Expertengruppe die Funktionsweise. Doch obwohl Harrison die Arbeiten an einer Kopie der H-4 ohne die eigenen Aufzeichnungen machen musste, war die Kommission noch immer nicht zufrieden.

Maskelynes Mondtabellen galten nach wie vor als die sicherste Navigationsmethode, und Harrisons ärgster Widersacher hatte nun zusätzlich Einfluss auf die Prüfung seiner Uhren.

Am Ende brachte eine königliche Intervention zwar das Preisgeld, nicht aber den Preis.

Allen Widerständen zum Trotz bekam Harrison am Ende zumindest das Preisgeld, das ihm zustand.

Die Kommission bestand auf weitere Prüfungen der H-4 und wertete alle Erfolge hartnäckig als Zufälle.

Die H-4 wurde monatelang von Maskelyne unter teils kuriosen Bedingungen in Greenwich getestet: Sie stand gewächshausartig in einem Glaskasten mit direkter Sonneneinstrahlung

und war anscheinend beschädigt worden. Maskelyne kümmerte nichts davon und die Uhr bestand die Prüfung nicht. Dennoch erklärte er, die Uhr sei in Kombination mit seinen Monddistanzen wirksam, denn er wusste um die Makel seiner astronomischen Methode. An etwa sechs Tagen im Monat waren sich Mond und Sonne zu nah, um den Abstand zu bestimmen. An ca. 13 Tagen war er nur nachts zu sehen und auf der anderen Erdhalbkugel unterwegs, was den Winkel zur Sonne zu groß machte.

Harrison ließ das nicht auf sich sitzen und veröffentlichte seine Vorwürfe gegen Maskelyne in einer Sechs-Penny-Broschüre. Trotzdem hatte er nach wie vor zwei Kopien zu bauen und bekam Konkurrenz durch den Uhrmacher Lacrum Kendall, der sich ebenfalls an einer Kopie versuchte.

Während Kendall seine K-1 fertigstellte und damit James Cook auf Weltumsegelung schickte, baute Harrison an der H-5.

Zwar wurden beide 1770 fertig, aber die H-5 musste noch fast drei Jahre lang feinjustiert werden. Harrison war inzwischen 79 Jahre alt und unsicher, ob ihm nochmal fünf Jahre für einen weiteren Nachbau bleiben würden. Er setzte daher alles auf eine Karte und wandte sich direkt an König Georg III. Der König war wissenschaftlich interessiert und lud ihn zu Hofe ein, doch bei der Vorführung lief die H-5 ungenau.

Erst als sich der König erinnerte, dass er Magnete in der Nähe aufbewahrte und diese entfernen ließ, konnte die H-5 einwandfrei laufen. Der König beschloss, die Kommission zu umgehen und direkt beim Premierminister vorzusprechen. Als die Regierung schließlich 1773 an die Kommission appellierte, erhielt Harrison 8.750 Pfund.

Damit hatte Harrison insgesamt zwar knapp die 20.000 Pfund Preisgeld erhalten, nicht aber den Preis zugesprochen bekommen. Die Bestimmungen für die Vergabe wurden weiter verschärft, der Preis blieb letztlich unverliehen.

Welche Methode sich mit dem Beginn der Massenproduktion durchsetzte, zeigte die Zeit.

Harrison starb 1776. Er hatte nie den ersehnten Preis zugesprochen bekommen, sein Vermächtnis aber bleibt bis heute.

Mit der Reproduzierbarkeit begann auch die Verbreitung von Uhren nach dem Vorbild der H-4.

Da die nun als „Chronometer“ bezeichneten Uhren mit den billigeren Mondtabellen und Sextanten konkurrierten, versuchten sich mehrere Uhrmacher daran, billiger und schneller zu produzieren. Am erfolgreichsten waren John Arnold und Thomas Earnshaw. Ihre geschickten kleinen Veränderungen machten Harrisons Uhr zum teureren, aber letztlich erfolgreichen Massenprodukt.

1791 gab die Ostindien-Kompanie Logbücher mit der Spalte „Länge mittels Chronometer“ heraus, 1815 existierten bereits 5.000 Chronometer und selbst die Kommission für den Längengradpreis war vor ihrer Auflösung 1828 nur noch für die Prüfung von Chronometern zuständig. Die Idee hatte sich durchgesetzt und die Mondtabellen verloren im Laufe des 19. Jahrhunderts an Bedeutung.

Dennoch wurde auch Maskelynes Lebzeit von seinen Taten überdauert.

Obwohl seine Mondtabellen vereinzelt noch bis ins 20. Jahrhundert veröffentlicht wurden, ist er heute vor allem dafür bekannt, dass er den Nullmeridian in Greenwich festlegte. Alle Tabellen und zunehmend auch die Seeleute bezogen sich auf den Ort mit der Sternwarte, der 1884 von der Internationalen Meridiankonferenz offiziell bestätigt wurde.

Damit ist die Sternwarte in Greenwich nicht nur Hüterin der Länge, sondern auch der Zeit. Die Greenwich Mean Time legt mit der „Nullzeit“ fest, wann Mitternacht ist. Sie markiert den Ausgangspunkt für alle Uhrzeiten rund um den Erdball und gilt als „Universal Time” sogar im Weltall oder für astronomische Berechnungen.

Der ewige Wettstreit zwischen Harrison und Maskelyne steht somit nicht nur für den Kampf um den Längengrad, sondern auch dafür, wie wir die Welt und die Zeit heute wahrnehmen.

Zusammenfassung

Die Kernaussage dieses Buches ist:

Die Geschichte des Längengrads erzählt nicht nur von der Macht der Ideen und den Hindernissen, die es bei ihrer Verwirklichung oft zu überwinden gilt. Sie zeigt auch anschaulich, dass es immer wieder Querdenker und Quereinsteiger für die Lösung großer Probleme braucht, wenn konventionelle Wege nicht zu den gewünschten Ergebnissen führen.

Was du konkret umsetzen kannst:

Lies die Zeichen der Zeit.

In Greenwich steigt seit 1833 täglich um 13 Uhr eine Signalkugel auf, nach der die Schiffe ihre Uhren stellen können. Auch andernorts erinnern Zeitkanonen oder andere Signale daran, wie wichtig die korrekte Uhrzeit für die Bestimmung der Längengrade auf See ist.